

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-277505

(43)Date of publication of application : 09.10.2001

(51)Int.Cl.

B41J 2/045

B41J 2/055

B41J 2/16

B41J 2/205

(21)Application number : 2000-091858

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 29.03.2000

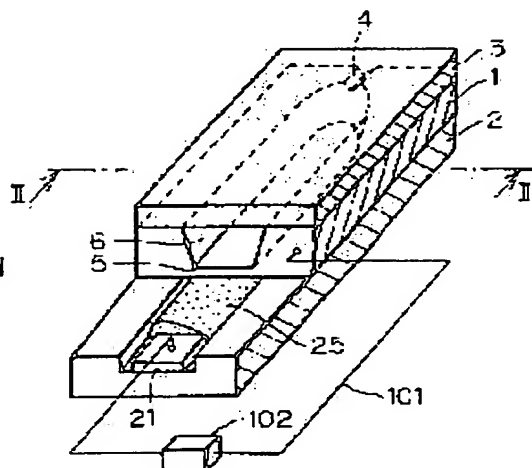
(72)Inventor : OHASHI MIKIO
KOMAI HIROMICHI

(54) INK JET HEAD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an ink jet head utilizing static electricity which can be driven with a lower voltage as compared with a conventional one and can eject ink stably.

SOLUTION: A dielectric insulation layer 25 is interposed between a diaphragm 5 and an electrode 21 and arranged such that the thickness thereof is varied thus forming a nonparallel electric field between the diaphragm 5 and the electrode 21. A highest electrostatic attraction (or electric field) can be obtained at a thickest part (where the effective gap is smallest) and the diaphragm 5 bends toward the facing electrode 21 from the part where the effective gap is smallest. When the driving voltage V is increased furthermore, the diaphragm 5 bends further toward the facing electrode 21 and eventually touches the dielectric insulation layer 25. When the driving voltage V is increased furthermore, the diaphragm 5 can be bent to a part where the effective gap is largest.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-277505
(P2001-277505A)

(43)公開日 平成13年10月9日(2001.10.9)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード(参考)
B 4 1 J	2/045	B 4 1 J	3/04
	2/055		1 0 3 A
	2/16		2 C 0 5 7
	2/205		1 0 3 H
			1 0 3 X

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願2000-91858(P2000-91858)

(22)出願日 平成12年3月29日(2000.3.29)

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 大橋 幹夫

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内

(72)発明者 駒井 博道

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内

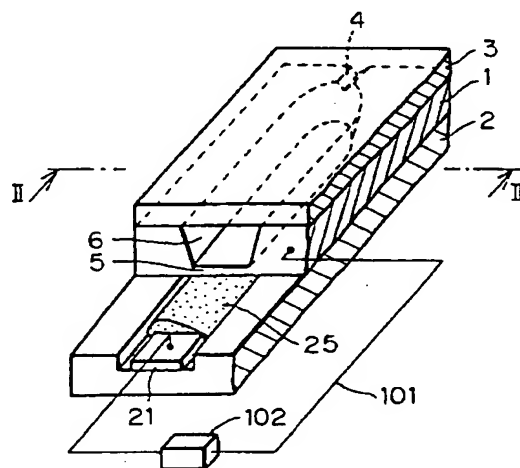
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 インクジェットヘッド

(57)【要約】

【課題】 静電気力を利用したインクジェットヘッドにおいて、従来に比較してより低電圧で駆動でき、かつ安定したインク吐出ができるように構成したインクジェットヘッドを提供する。

【解決手段】 振動板5と電極21との間に誘電絶縁層25を介在させ、その厚みが増減するように配置することにより、振動板5と電極21との間で非平行な電界が形成される。厚みの最も厚い部分(実効的なギャップ距離が最も小さいところ)で最も大きな静電引力(あるいは電界)を得ることができ、振動板5がその実効的なギャップ距離が最も小さいところより対向する電極21の方向へ撓む。さらに、駆動電圧Vを上昇させると、さらに振動板5が対向する電極21方向へ撓み、最終的には振動板5が誘電絶縁層25に接触する。さらに駆動電圧Vを上昇させることにより最も実効的なギャップ距離が大きいところまで振動板5を撓ませることができる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 インクを吐出するためのノズルと、該ノズルに連通するインク流路と、該流路の一部に設けられた振動板と、該振動板に対向して設けられた電極とを有し、前記振動板と前記電極との間に生じる静電気力を利用して前記振動板を変形させ、前記ノズルからインク液滴を吐出するインクジェットヘッドにおいて、前記振動板と前記電極との間に誘電絶縁層を有し、該誘電絶縁層によって前記振動板と前記電極との間に非平行な電界を発生させることを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項 2】 前記誘電絶縁層の厚みを変化させたことを特徴とする請求項 1 記載のインクジェットヘッド。

【請求項 3】 前記誘電絶縁層を前記電極に対向する振動板の表面側、あるいは前記振動板に対向する電極の表面側に設けたことを特徴とする請求項 1 記載のインクジェットヘッド。

【請求項 4】 インク液滴の吐出時に、前記電極側に設けられた前記誘電絶縁層の少なくとも一部を前記電極に対向する前記振動板の表面側に接触させた状態、あるいは前記振動板側に設けられた前記誘電絶縁層の少なくとも一部を前記振動板に対向する前記電極の表面側に接触させた状態とすることを特徴とする請求項 3 記載のインクジェットヘッド。

【請求項 5】 前記電極側に設けられた前記誘電絶縁層の少なくとも一部を前記電極に対向する前記振動板の表面側に接触させた状態から、あるいは前記振動板側に設けられた前記誘電絶縁層の少なくとも一部を前記振動板に対向する前記電極の表面側に接触させた状態からインク液滴の吐出を行うことを特徴とする請求項 3 記載のインクジェットヘッド。

【請求項 6】 前記誘電絶縁層の厚みを前記振動板と前記電極との間の空隙距離よりも厚くした部分を設けて該誘電絶縁層の厚みを変化させたことを特徴とする請求項 2 又は請求項 5 記載のインクジェットヘッド。

【請求項 7】 前記誘電絶縁層の厚みを前記振動板の長方向へ変化させたことを特徴とする請求項 2 記載のインクジェットヘッド。

【請求項 8】 複数に分割して構成の前記電極と、前記振動板との間に前記誘電絶縁層を介在させたことを特徴とする請求項 1 記載のインクジェットヘッド。

【請求項 9】 前記複数に分割して構成した電極の各々に独立した駆動電圧信号を印加することを特徴とする請求項 8 記載のインクジェットヘッド。

【請求項 10】 前記誘電絶縁層によって前記振動板と前記電極との間に非平行な電界を発生させる駆動電圧信号の電圧の大きさを変化させることを特徴とする請求項 1 記載のインクジェットヘッド。

【請求項 11】 前記誘電絶縁層が酸化膜、及び窒化膜であることを特徴とする請求項 1 記載のインクジェットヘッド。

2

【請求項 12】 前記酸化膜が酸化チタン系のセラミック膜であることを特徴とする請求項 1 記載のインクジェットヘッド。

【請求項 13】 前記誘電絶縁層が真空蒸着法、イオンプレーティング法、スパッタリング法、CVD法、ソルゲル法、又は、熱酸化法を利用して形成されていることを特徴とする請求項 1 記載のインクジェットヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10 【発明の属する技術分野】本発明は、記録を必要とする時にのみインク液滴を形成・吐出し、所望の記録媒体にインク記録を行うドロップ・オン・デマンド型インクジェット記録装置の記録ヘッドに関し、特に、静電気力を利用してインク吐出を行うインクジェット記録装置の記録ヘッド（インクジェットヘッド）に関するもので、例えば、複写機、ファックス、印刷機、プリンタ、プロッタ等の記録装置の記録ヘッドとして適用可能なものである。

【0002】

20 【従来の技術】従来より、インクジェット記録装置は、現像定着などのプロセスを必要とせず、非接触にて直接記録ができるために、低騒音、高速高画質カラー記録が可能で、普通紙を使用できることから低ランニングコストで、装置的にも安価となる等の特長を有している。その中でも、記録を必要とする時にのみインク液滴を吐出するドロップ・オン・デマンド（DOD）方式の記録装置は、記録に不必要なインクの回収系がないためメンテナンスが簡単で、装置構成が小型で安価となるため、近年、大変注目されている。そのDOD記録方式の記録ヘッドには、電気機械変換方式、電気熱変換方式、静電吸引方式、放電方式等の多種多様な駆動方式が提案され、実用化されている。中でも、圧電素子であるピエゾを利用した電気機械変換方式の記録ヘッドは古くから現在に至るまで種々の方式が提案されている。

30 【0003】例えば、（a）米国特許第3683212号明細書には、円筒状をしたインク室およびピエゾ素子により、その円筒を収縮、膨張させ、インクに生じた圧力波でインクの液滴を形成し、吐出する方式が開示されている。また、（b）米国特許第3747120号明細書には、インク室がピエゾ振動子を有する圧力室とインクタンクに連通するインク供給室に分割されており、その2室を連通路とインク吐出口とを一直線上に並べて、ピエゾ素子により発生する圧力波で効率よくインク液滴を形成して、吐出エネルギーに変換する方式が開示されている。また、（c）米国特許第3946398号明細書には、インク室の一部をバイモルフ型のピエゾ素子を利用して構成し、そのピエゾ素子を振動させてインク室が収縮した時にインクに生じた圧力波でオリフィスよりインクを吐出させ、膨張した時にインクをインクタンクより補給する方式が開示されている。

50

【0004】また、最近では、記録ヘッドを小型高密度にでき、高印字品質、及び長寿命が可能な駆動方式として、インク室の一部を構成する振動可能な振動板を圧電素子を利用せず静電気力を利用して振動させ、インク側に圧力波を生じさせてインク吐出を行う方式が、例えば、(d)特開平6-71882号公報等に開示されている。また、この静電気力方式でより低電圧に小型高密度化ができ、高印字品質が可能な駆動構成として、

(e)特開平9-39235号公報や、(f)特開平9-193375号公報が開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記(d)特開平6-71882号公報記載の記録ヘッドでは、静電気力を利用するためにインク室の一部を構成する振動板と、該振動板を駆動するための電極との間に非常に微小なギャップ(0.05 μ m以上、2.0 μ m以下)を形成する必要がある。図11は、その記録ヘッド全体の分解斜視図、図12は、そのヘッドの一部を取り出しギャップ部を拡大した斜視図、図13は図12のXIII-XIII線で切断した時の断面図で、図中の記号Gが微小ギャップを示す部分である。その種の記録ヘッドでは、印字品質のパラツキを抑えるために、その微小ギャップの寸法精度を所定範囲内に極めて高い精度で実現し、保つ必要性がある。

【0006】なお、図11乃至図13において、1は中間の第1の基板、2は下側の第2の基板、3は上側の第3の基板で、第1の基板1には、ノズル溝4、振動板5、インク吐出室6、インク流入溝7、共通インク室8等が形成され、第2の基板12には、振動室9、該振動室9内に形成された電極21を有し、第3の基板3には、共通インク室8に連通するインク供給口31、該インク供給口31に接続され、図示しないインクタンクに接続されるチューブ32を有する。41、42は、ギャップ長保持手段で、第1の基板1と第2の基板2の接合部にあらかじめ形成したSiO₂膜により構成したもので、これらのSiO₂膜41、42はギャップスペーサとして機能する。また、101は配線、102は発振回路で、発振回路102により電極21にパルス電圧を印加し、振動板5を静電気の吸引作用により下方に撓ませ、次に電極21をOFFにすると、該振動板5は復元し、吐出室6内の圧力が急激に上昇し、ノズル孔4よりインク液滴を記録紙に向けて吐出する。

【0007】また、静電気力を利用する方式では、圧電素子を利用する方式のものに比べて同じ電圧で発生できる吐出圧力が非常に低く、しかも発生圧力は距離の逆数の二乗に比例するので、従来の圧電素子方式と同等の吐出圧力を得るには圧電素子方式に比べて倍以上の非常に高い駆動電圧が必要となる。従って、ヘッドコストも駆動電圧が高いほど高価となってしまう。

【0008】そこで、上記(e)特開平9-39235号公報記載の記録ヘッドでは、静電気力方式でヘッドの

低電圧駆動を行うために、図14に示すように、振動板5と電極21の形状とを利用して前記微小ギャップ(隙間)Gを階段状に複数個(G₁, G₂, G₃)設け、ギャップのより小さい領域(G₁)から強い静電引力によって、より低い駆動電圧で振動板が変形するように構成されている。また、上記(f)特開平9-193375号公報記載の記録ヘッドでは、図15に示すように、振動板5と電極21との関係を非平行状態として、連続的に変化する微小ギャップGを形成することにより振動板5と電極21との間に非平行な電界を形成し、ギャップのより小さい領域から強い静電引力によって、より低い駆動電圧で振動板が変形するように構成している。

【0009】しかしながら、上記(e)特開平9-39235号公報に示されるように階段状の電極を形成することは、製造上、大変煩雑である。また、(f)特開平9-193375号公報の記録ヘッドに示されるように振動板と電極との相対位置を連続的に変化させて微小ギャップを形成した場合、ギャップがより小さい領域で、より強い静電引力が働くため、最悪の場合、振動板と電極との間のギャップで気体の絶縁破壊や電界放出などによる放電の大電流が瞬間的に流れ、電極が溶融したり、電極と振動板とが短絡を生じたりしてヘッドを破壊し、インク吐出不良となる問題を抱えている。

【0010】また、前記(f)特開平9-193375号公報には、より低電圧で高剛性の振動板を変形させるために、前記微小ギャップ中に液状の高誘電物質を介在させることが記載されているが、実際には、そのような物質を安定して介在させることは非常に困難であり、例えば、ヘッドの周囲温度が変化した場合には、液状誘電物質の比誘電率の値が著しく変化し、振動板の振動変位量が大きく変化してインク吐出が安定しないといった問題を有している。

【0011】上述のごとき問題点を解決するため、請求項1~3の発明は、静電気力を利用したインクジェットヘッドにおいて、従来に比較してより低電圧で駆動でき、かつ安定したインク吐出ができるように構成したインクジェットヘッドを提供することを目的とするものである。

【0012】請求項4~5の発明は、請求項3の発明において、従来に比較して更により低電圧で駆動でき、より安定したインク吐出ができるように構成したインクジェットヘッドを提供することを目的とするものである。

【0013】請求項6の発明は、請求項2又は請求項5の発明において、より確実に低電圧駆動ができ、より安定したインク吐出ができるよう歩留まりを向上させた構成のインクジェットヘッドを提供することを目的とするものである。

【0014】請求項7の発明は、請求項2の発明において、ヘッドがより小型高密度となり、より安定したインク吐出が可能な構成のインクジェットヘッドを提供する

ことを目的とするものである。

【0015】請求項8～10の発明は、請求項1の発明において、インク滴吐出量を大きく変化させて、印字品質を制御することを可能とした構成のインクジェットヘッドを提供することを目的とするものである。

【0016】請求項11の発明は、請求項1の発明において、より確実に安定して低電圧駆動ができ、かつ安定したインク吐出ができるよう信頼性を向上させた構成のインクジェットヘッドを提供することを目的とするものである。

【0017】請求項12の発明は、請求項11の発明において、振動板と電極との間に安定して高誘電物質を介在させることができ、更に、より低電圧で安定したインク吐出が可能な構成のインクジェットヘッドを提供することを目的とするものである。

【0018】請求項13の発明は、請求項11の発明において、より確実に安定して低電圧駆動ができ、かつ安定したインク吐出ができる構成のインクジェットヘッドの信頼性を向上させる方法を提供することを目的とするものである。

【0019】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、インクを吐出するためのノズルと、該ノズルに連通するインク流路と、該流路の一部に設けられた振動板と、該振動板に対向して設けられた電極とを有し、前記振動板と前記電極との間に生じる静電気力を利用して前記振動板を変形させ、前記ノズルからインク液滴を吐出するインクジェットヘッドにおいて、前記振動板と前記電極との間に誘電絶縁層を有し、該誘電絶縁層によって前記振動板と前記電極との間に非平行な電界を発生させることを特徴としたものである。

【0020】請求項2の発明は、請求項1の発明において、前記誘電絶縁層の厚みを変化させたことを特徴としたものである。

【0021】請求項3の発明は、請求項1の発明において、前記誘電絶縁層を前記電極に対向する振動板の表面側、あるいは前記振動板に対向する電極の表面側に設けたことを特徴としたものである。

【0022】請求項4の発明は、請求項3の発明において、インク液滴の吐出時に、前記電極側に設けられた前記誘電絶縁層の少なくとも一部を前記電極に対向する前記振動板の表面側に接触させた状態、あるいは前記振動板側に設けられた前記誘電絶縁層の少なくとも一部を前記振動板に対向する前記電極の表面側に接触させた状態とすることを特徴としたものである。

【0023】請求項5の発明は、請求項3の発明において、前記電極側に設けられた前記誘電絶縁層の少なくとも一部を前記電極に対向する前記振動板の表面側に接触させた状態から、あるいは前記振動板側に設けられた前記誘電絶縁層の少なくとも一部を前記振動板に対向する

前記電極の表面側に接触させた状態からインク液滴の吐出を行うことを特徴としたものである。

【0024】請求項6の発明は、請求項2又は請求項5の発明において、前記誘電絶縁層の厚みを前記振動板と前記電極との間の空隙距離よりも厚くした部分を設けて該誘電絶縁層の厚みを変化させたことを特徴としたものである。

【0025】請求項7の発明は、請求項2の発明において、前記誘電絶縁層の厚みを前記振動板の長て方向へ変化させたことを特徴としたものである。

【0026】請求項8の発明は、請求項1の発明において、複数の分割して構成の前記電極と、前記振動板との間に前記誘電絶縁層を介在させたことを特徴としたものである。

【0027】請求項9の発明は、請求項8の発明において、前記複数の分割して構成した電極の各々に独立した駆動電圧信号を印加したことを特徴としたものである。

【0028】請求項10の発明は、請求項1の発明において、前記誘電絶縁層によって前記振動板と前記電極との間に非平行な電界を発生させる駆動電圧信号の電圧の大きさを变化させたことを特徴としたものである。

【0029】請求項11の発明は、請求項1の発明において、前記誘電絶縁層が酸化膜、及び窒化膜であることを特徴としたものである。

【0030】請求項12の発明は、請求項11の発明において、前記酸化膜が酸化チタン系のセラミック膜であることを特徴としたものである。

【0031】請求項13の発明は、請求項11の発明において、前記誘電絶縁層が真空蒸着法、イオンブレーティング法、スパッタリング法、CVD法、ゾルゲル法、又は、熱酸化法を利用して形成されていることを特徴としたものである。

【0032】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の第1の概念を示す全体構成と動作を説明するための一部を断面で示す斜視図で、全図を通して同様の作用をする部分には同一の参照番号が付してある。図1に示した実施例では、インク液滴を基板の端部に設けたノズル溝4から吐出させるエッジシュータータイプのインクジェットヘッドの例を示す。本発明は図示のタイプのインクジェットヘッドに限られるものではなく、サイドシュータータイプやその他のタイプのインクジェットヘッドに適用可能である。図2は図1のII-II線で切断した時の断面図で、それぞれ異なる実施例を示す図である。

【0033】本発明が適用されるインクジェットヘッドの例として、下記に詳述する構造を持つ3枚の基板1, 2, 3を重ねて接合した積層構造のものについて説明する。まず、中間の第1の基板1はシリコンの単結晶基板を使用したものである。シリコンの単結晶基板の使用は、インクを吐出させるための薄い振動板5（数 μ m程

7

度の厚さ)を後述するエッチングで作製する際に、加工上好適であり、また、数 μm 程度のギャップを高精度に後述する陽極接合で形成する際にも好都合な材料である。さらに、また、静電気力を働かせて振動板5を振動させる際には、電極に電圧を印加して静電気力を発生させる必要があるが、シリコンは半導電性であるため振動板側の電極の代用をすることができ、振動板側に別個に電極を設ける必要性がない等の利点を有する。この中間の第1基板1は、該基板1の一端にノズル溝4が形成され、そのノズル溝4に連通して底壁を振動板5とする

【0034】次に、第1基板1の下面に接合される下側の第2基板2はバイレックス(登録商標)ガラス(硼珪酸系ガラス)基板を使用したものである。バイレックスガラス(硼珪酸系ガラス)基板の使用は、上述のように数 μm 程度のギャップを高精度に後述する陽極接合で形成する際、シリコン基板に対し好都合な材料である。この第1基板1の下側の第2基板2では、微少なギャップを形成するための凹(段)部10と、その凹(段)部10内に振動板5とほぼ同じ形状に金をスパッタした電極21が形成される。ここで、本発明では、振動板5と電極21との間で非平行な電界が形成されるように、振動板5に対向する電極21表面上に SiO_2 等の誘電絶縁層25を設け、しかも、該誘電絶縁層25の厚みが振動板5の短辺方向に沿って変化するように設けている。なお、図1に示した実施例では、図2(A)に示すように、誘電絶縁層25は振動板5の表面側に非接触な状態で配置されているが、この誘電絶縁層25は、図2

(B)に示すように、電極21に対向する振動板の表面側に非接触な状態で配置しても、振動板5と電極21との間で非平行な電界を形成することは可能である。

【0035】次に、第1基板1の上面に接合される上側の第3基板3にはステンレス基板を使用し、接着剤にて第1基板1と接合する。この基板3の接合によって、前記ノズル溝4、インク吐出室6、及び、図1、図2には図示しないオリフィス7及びインクキャビティ8が構成される。そして、基板3ではインクキャビティ8に連通する図示しないインク供給口が設けられ、インク供給口は図示しない接続パイプ及びチューブを介して図示しないインクタンクに接続される。

【0036】次に、第1の基板1と第2の基板2との接合方法について述べる。本発明の静電気力を利用したインクジェットヘッドのように数 μm 程度の微少なギャップを高精度に形成し、組み立てる(接合する)方法としては、陽極接合法を利用するのが好適である。陽極接合法は他の接合法(ろう接、融接)と比較して、ギャップの寸法精度の確保が期待でき、基板間に電圧印加(−3

8

00V〜500V程度)を行うことにより比較的低温(300〜400℃)で精密な接合ができる。このような陽極接合を確実に行うには、基板の接合界面で基板同士の共有結合が生じるように第1基板1、あるいは第2基板2のどちらかがアルカリイオンを多く含む基板である必要があり、また、接合する際、熱応力による基板同士の歪みが少なくなるように基板同士の熱膨張係数が比較的一致している材料を選択することが好ましい。本発明では、上記のように第1基板1に単結晶のシリコン基板を使用し、第2基板2にNa等のアルカリイオンを多く含み、シリコン基板と比較的熱膨張係数が一致するバイレックスガラス(硼珪酸系ガラス)基板を使用するため、基板同士の熱歪みの少ない確実な接合が得られる。

【0037】本実施例では、図2(A)に示すように、本接合を行うことにより振動板と電極との間に微少なギャップ部10が形成されて、図に示すようなインクジェットヘッドが組み立てられ、振動板5と電極21との間で非平行な電界を形成することが可能となる。上述のようにしてインクジェットヘッドを組み立てた後、図1に示すように、基板1と電極21との間を配線101により発振回路102を接続し、インクジェット記録装置を構成する。インクは図示しないインクタンクよりインク供給口を経て基板1の内部に供給され、インクキャビティ、吐出室等がインクで満たされる。

【0038】次に、上述のようにして構成された本実施例によるインクジェットヘッドの動作を説明する。電極21に発振回路102より正のパルス電圧を印加すると、電極21の表面がプラス電位に帯電し、対応する振動板5の下面はマイナス電位に帯電する。従って、振動板5は静電気吸引作用により下方へ撓む。ここで、振動板5に発生する静電吸引力の大きさPは、(1)式のように表される。

【0039】

【式1】

$$P = \frac{1}{2} \cdot \epsilon \cdot S \cdot \left(\frac{V}{d} \right)^2 \quad (1)$$

【0040】但し、(1)式において、 ϵ は振動板5と電極21との間に存在する空気の誘電率、Sは振動板5と電極21との間に働く静電気力の有効面積、Vは電極21に印加する駆動電圧、dは振動板5と電極21との間の実効的なギャップ距離を表わす。ここで、実効的なギャップ距離dとは、(2)式のような関係を意味し、振動板5と電極21との間に空気以外の誘電率を有する物質が介在する場合には、dは(2)式のように表わされる。但し、(2)式において、 d_0 は振動板5と電極21との間に存在する空隙の距離、 d_1 は振動板5と電極21との間に存在する誘電絶縁層25の厚み、 ϵ_1 は誘電絶縁層25の比誘電率を表わす。

【0041】

【式2】

9

10

$$d = d_0 + \frac{d_i}{\epsilon_r}$$

(2)

【0042】すなわち、振動板5と電極21との間に、ある誘電率を有する物質を介在させると、(2)式のよう
に、その介在させた誘電物質の厚み d_i とその誘電物
質が有する比誘電率 ϵ_r を変化させることによって、振
動板5と電極21との間に発生する電界強度 E ($E = V$
 $/d$)と、それによって生じる静電吸引力 P の大きさを
変化させることが可能である。従って、(1)式に示さ
れるように静電吸引力 P は、振動板5と電極21との間
の実効的なギャップ距離 d が小さいほど振動板5に大き
な静電引力が働くこととなる。

【0043】そこで、本発明では、図2に示すように、
振動板5と電極21との間に誘電絶縁層25を介在さ
せ、その厚みが変化するように配置することにより、振
動板5と電極21との間で非平行な電界が形成され、そ
の厚みの最も厚い部分（実効的なギャップ距離が最も小
さいところ）で最も大きな静電引力（あるいは電界）を
得ることができるため、振動板5がその実効的なギャッ
プ距離が最も小さいところより対向する電極21の方向
へ撓むようになる。さらに、駆動電圧 V を上昇させ
ると、さらに振動板5が対向する電極21方向へ撓み、最
終的には振動板5が誘電絶縁層25に接触する。そし
て、さらに駆動電圧 V を上昇させることにより最も実効
的なギャップ距離が大きいところの方まで振動板5を撓
ませることができる。

【0044】そして、次に、電極21へのパルス電圧の
印加をOFFすると、上述のようにして撓んだ振動板5
が復元し、吐出室6内の圧力が急激に上昇するため、ノ
ズル溝4よりインク液滴が形成され、記録紙に向けてイ
ンク吐出が行われる。そして再び、電極21へパルス電
圧をONすると、振動板5が再び対向する電極21方向
へ撓むので、インクがインクキャビティ8よりオリフィ
ス7を通じて吐出室6内に補給される。

【0045】本実施例では、上述のように、振動板5と
電極21との間に厚みを変化させた誘電絶縁層25を介
在させ、振動板5と電極21との間で実効的なギャッ
プ距離が非常に小さい領域と大きい領域とを形成して非平
行な電界が形成されるようにすることにより、数十V程
度の従来に比較して低い駆動電圧で、インク吐出を行
うことができる。なお、振動板5と電極21との間に誘電
絶縁層25を介在させて非平行な電界を形成する他の方
法として、(2)式からもわかるように、誘電絶縁層2
5が有する比誘電率 ϵ_r を層内で段階的、あるいは連続
的に徐々に変化させて非平行な電界を形成することも可
能であるが、製造上、安定してそのような誘電絶縁層を
得るのは非常に煩雑で困難である。

【0046】図2(A)に示す構成のインクジェットヘ
ッドを使用し、図1に示すように、第1基板1の上側に

ステンレス製の第3基板3をエポキシ系接着剤にて接合
し、発振回路102等を接続して電極21にパルス電圧
を印加して印字試験を行った。その結果、従来、インク
ジェットヘッドを駆動して良好な印字品質を得るのに1
00V以上のパルス電圧を必要としていたのに対し、振
動板5が誘電絶縁層25に対し非接触な状態のままでイ
ンク液滴が吐出するように構成した場合には、本発明の
インクジェットヘッドでは、50V程度のパルス電圧駆
動で従来と同等以上の印字品質が得られた。さらに、ま
た、振動板5が誘電絶縁層25に対し接触した状態でイ
ンク液滴が吐出するように構成した場合には、本発明の
インクジェットヘッドでは、30V程度のパルス電圧駆
動で従来と同等以上の印字品質が得られるようになっ
た。また、電極と振動板との短絡等によりヘッドが破壊
し、それによって発生していたインク吐出不良が減少し
たため、印字品質にバラツキの少ない常に安定した画像
を得ることが可能となった。また、駆動するパルス電圧
信号の電圧の大きさを変化させた結果、インク滴吐出量
を変化することが可能となり、より階調性に富んだ印字
品質が得られるようになった。

【0047】図3は、振動板5と電極21との間で非平
行な電界が形成されるように、誘電絶縁層25を電極2
1上に、振動板5の長辺方向に沿って該誘電絶縁層25
の厚みが変化するように設けた例を示す振動板長辺方向
のヘッド断面図で、図中、誘電絶縁層25は電極21上
に振動板5の表面に非接触な状態で設けられている。図
3に示した構成のインクジェットヘッドでは、振動板5
の長辺方向に沿って誘電絶縁層25の厚みを変化するよ
うに配置したので、振動板5の短辺方向へ高密度にノズ
ルを配列しようとした場合でも、十分なインク吐出量を
確保することができるため、より印字品質が向上した高
画質な印字が可能となる。このように構成されたインク
ジェットヘッドの動作は、前記図2で説明したインクジ
ェットヘッドの動作と全く同様である。

【0048】図3に示した構成のインクジェットヘッ
ドを使用し、図1に示したように、第1基板1の上側にス
テンレス製の第3基板3をエポキシ系接着剤にて接合
し、発振回路102等を接続して電極21にパルス電圧
を印加して印字試験を行った。その結果、30V程度の
パルス電圧駆動で従来と変わらないインク吐出量を安定
して確保することができ、また、ノズルの密度が2倍と
なったため、ヘッドの大きさが従来の約1/2の大きさ
となって小型となり、画質がさらに2倍向上してより印
字品質が優れた画像が得られた。また、駆動するパルス
電圧信号の電圧の大きさを変化させた結果、インク滴吐
出量を変化することが可能となり、より階調性に富んだ
印字品質が得られるようになった。

11

【0049】図4は、振動板5と電極21との間で非平行な電界が形成されるように、振動板5の短辺方向に沿って誘電絶縁層25の厚みが変化するように配置した例を示す図で、図4(A)は、振動板5に対向する電極21の表面上に誘電絶縁層25を設け、その誘電絶縁層25の一部が振動板5の表面側に接触した状態で配置されている例を示す振動板短辺方向のヘッド断面図で、また、図4(B)は、振動板5の短辺方向に沿ってその厚みが変化するように配置された誘電絶縁層25を電極21に対向する振動板の表面側に設け、図示のように、その一部が振動板5に対向する電極21の表面に接触した状態で設けられている例を示す振動板短辺方向のヘッド断面図である。

【0050】上記構成のインクジェットヘッドでは、誘電絶縁層25の一部が振動板5の表面側、あるいは電極21の表面側に接触した状態で振動板5の短辺方向に沿って誘電絶縁層25の厚みが変化するように配置されているので、更に低電圧で駆動することができ、かつ安定したインク吐出が可能となるため、より安価で印字品質が安定する。上述のように構成されたインクジェットヘッドの動作は、図2で説明したインクジェットヘッドの動作とほぼ同様であるが、実施例の場合には、初期状態から振動板5と電極21との間で実効的なギャップ距離が零（ギャップが無い）となる場所が形成されており、その箇所付近でより大きな静電引力（あるいは電界）を得ることができるため、従来に比較してより低い駆動電圧で実効的なギャップ距離が大きいところまで振動板5を対向する電極21の方向へ撓ませ、インク吐出することができる。

【0051】図4(A)に示した構成のインクジェットヘッドを使用し、図1に示したように、第1基板1の上側にステンレス製の第3基板3をエポキシ系接着剤にて接合し、発振回路102等を接続して電極21にパルス電圧を印加して印字試験を行った。その結果、図2

(A)に示したインクジェットヘッドを駆動して良好な印字品質を得るのに30V程度のパルス電圧を必要としていたのに対し、本実施例のインクジェットヘッドでは、20V程度のパルス電圧駆動で図2(A)のヘッドと同等以上の印字品質が得られ、また、同様に印字品質にバラツキの少ない常に安定した画像を得ることが可能となった。また、図2(A)に示したインクジェットヘッドと同様に、駆動するパルス電圧信号の電圧の大きさを变化させた結果、インク滴吐出量を変化することが可能となり、より階調性に富んだ印字品質が得られるようになった。

【0052】図5は、振動板5と電極21との間で非平行な電界が形成されるように、図3に示したインクジェットヘッドと同様に振動板5の長辺方向に沿って誘電絶縁層25の厚みが変化するように配置され、また、その誘電絶縁層25の一部が振動板5の表面側に接触した状

12

態で設けられている例を示す振動板長辺方向のヘッド断面図である。図5に示した構成のインクジェットヘッドでは、誘電絶縁層25の一部が振動板5の表面側に接触した状態で振動板5の長辺方向に沿って誘電絶縁層25の厚みが変化するように配置したので、さらに低電圧で駆動することができ、かつ安価で安定したインク吐出が可能となり、また、振動板5の短辺方向へ高密度にノズルを配列しようとした場合でも、十分なインク吐出量を確保することができるため、より印字品質が向上した高画質な印字が可能となる。このように構成されたインクジェットヘッドの動作は、図4で説明したインクジェットヘッドの動作と全く同様である。

【0053】図5に示した構成のインクジェットヘッドを使用し、図1に示したように、第1基板1の上側にステンレス製の第3基板3をエポキシ系接着剤にて接合し、発振回路102等を接続して電極21にパルス電圧を印加して印字試験を行った。その結果、図3に示したインクジェットヘッドを駆動して良好な印字品質を得るのに30V程度のパルス電圧を必要としていたのに対し、本発明のインクジェットヘッドでは、20V程度のパルス電圧駆動で図3に示したヘッドと変わらないインク吐出量を安定して確保することができ、また、図3に示したヘッドと同様にノズルの密度が2倍となったため、ヘッドの大きさが従来の約1/2の大きさとなって小型となり、画質がさらに2倍向上してより印字品質が優れた画像が得られた。また、駆動するパルス電圧信号の電圧の大きさを变化させた結果、インク滴吐出量を変化することが可能となり、より階調性に富んだ印字品質が得られるようになった。

【0054】図6(A)は、振動板5と電極21との間で非平行な電界が形成され、また、誘電絶縁層25の一部が振動板5の表面に確実に接触した状態となるように、振動板5の短辺方向に沿って誘電絶縁層25の厚みを振動板5と電極21との間の空隙距離よりも厚くした部分とそうでない部分とに厚みを变化させて振動板5に対向する電極21表面上に配置した例を示す振動板短辺方向のヘッド断面図である。また、図6(B)は、誘電絶縁層25の一部が電極21の表面側に確実に接触した状態となるように、振動板5の短辺方向に沿って誘電絶縁層25の厚みを振動板5と電極21との間の空隙距離よりも厚くした部分とそうでない部分とに厚みを变化させて電極21に対向する振動板5の表面側に配置した例を示す振動板短辺方向のヘッド断面図である。

【0055】図6(A)、図6(B)に示したヘッドのように、誘電絶縁層25の最も厚い部分の厚みが振動板5と電極21との間の空隙距離と同じ厚みとした場合、その振動板5と電極21との間の空隙距離や誘電絶縁層25の厚みの製造上のバラツキにより、必ずしも誘電絶縁層25の一部が振動板5の表面側、あるいは電極21の表面側に接触した状態となり得ない場合があり、ヘッ

13

ド間で駆動電圧がばらついたり、延いては印字品質がばらついたりして、安定してヘッドを作製することができないために、ヘッド製造上の歩留まりが向上しなかった。そこで、図6に示した構成のインクジェットヘッドでは、誘電絶縁層25の最も厚い部分の厚みが振動板5と電極21との間の空隙距離よりも確実に厚くした構成とすることにより、振動板5と電極21との間の空隙距離や誘電絶縁層25の厚みの製造上のバラツキがあった場合でも、確実に誘電絶縁層25の一部を振動板5の表面側、あるいは電極21の表面側に接触した状態とすることができ、安定してヘッドを作製することができるため、また、ヘッド製造上の歩留まりが向上する。

【0056】なお、図6に示した構成のインクジェットヘッドを作製する場合、第1の基板1と第2の基板2とを接合する陽極接合時において、本構成の場合、各基板同士の接合強度が弱まり、各基板が剥がれやすくなるので、それを防止するため各基板同士の接合強度を高めて接合する必要がある。これら図6(A)、図6(B)に示した構成のインクジェットヘッドでは、誘電絶縁層25の一部が振動板5の表面側、あるいは電極21の表面側により確実に接触した状態で振動板5の短辺方向に沿って誘電絶縁層25の厚みが変化するように配置されているので、より確実に低電圧で駆動することができ、かつ安定したインク吐出が可能となる。また、安定してヘッドを作製することができるので、ヘッドの歩留まりが向上し、安定した印字品質をより安価に提供することができる。このように構成された本例の動作は、図4で説明したインクジェットヘッドの動作と全く同様である。

【0057】図6(A)に示した構成のインクジェットヘッドを使用し、図1に示したように、第1基板1の上側にステンレス製の第3基板3をエポキシ系接着剤にて接合し、発振回路102等を接続して電極21にパルス電圧を印加して印字試験を行った。その結果、図2

(A)に示したインクジェットヘッドを駆動して良好な印字品質を得るのに30V程度のパルス電圧を必要としていたのに対し、本構成のインクジェットヘッドでは、図4(A)のヘッドと同様に20V程度のパルス電圧駆動で図2(A)のヘッドと同等以上の印字品質が得られ、また、同様に印字品質にバラツキの少ないより安定した画像を得ることが可能となった。また、本構成のインクジェットヘッドでは、図4(A)のヘッドの歩留まりに対し30%以上もヘッドの歩留まりが向上した。

【0058】図7(A)、図7(B)は、振動板5と電極21との間で非平行な電界が形成されるように、図4(A)に示したヘッドと同様に振動板5に対向する電極21表面上に誘電絶縁層25を設け、その誘電絶縁層25の一部が振動板5の表面側に接触した状態で振動板5の短辺方向に沿って誘電絶縁層25の厚みが変化するように配置され、また、電極21が複数に分割(この例の

14

場合、21aと21bに2分割されている)されて配置される例を示す振動板短辺方向のヘッド断面図である。また、図7(C)は、図4(B)に示したヘッドと同様に、誘電絶縁層25を電極21に対向する振動板5の表面側に設け、図示のように、その誘電絶縁層25の一部が振動板5に対向する複数に分割(この例の場合、2分割している)された電極21a、21bの各々の表面上に接触した状態で配置されている例を示す振動板短辺方向のヘッド断面図である。

【0059】図7に示した構成のインクジェットヘッドでは、電極21を複数に分割して配置し、その分割された電極21a、21bと振動板5との間で非平行な電界が形成されるように、誘電絶縁層25の一部を振動板5の表面側、あるいは電極21の表面側に接触した状態で振動板5の短辺方向に沿って誘電絶縁層25の厚みが変化するように構成したので、より低い駆動電圧でその電圧信号を印加する電極21a、21bを選択することにより、振動板5と分割された電極21a、21bとの間に生じる非平行な電界の強度を大きく変化させることができ、振動板5の振動変位量を大きく制御することができるので、インク滴吐出量をより大きく変化させて、印字品質を大きく制御することが可能となる。なお、当然のことながら、この電極の分割数は2分割に限られるものではなく、2分割以上とすることにより、インク滴吐出量をより細かく変化させることができ、より階調性に富んだ印字品質を提供することができる。また、この分割された電極21a、21bの各々に、例えば、電圧の大きさを変えたそれぞれ独立の駆動電圧信号を印加することにより、更に幅広くインク滴吐出量の大きさを変化させることが可能となり、更に階調性に富んだ高画質な画像を得ることが可能となる。

【0060】上述のように構成されたインクジェットヘッドの動作は、図4で説明したインクジェットヘッドの動作とほぼ同様であるが、本実施例の場合には、駆動電圧を印加する電極21が複数設けられているので、電圧を印加する電極21a、21bを選択することにより、振動板5と分割された電極21a、21bとの間に生じる非平行な電界の強度を大きく変化させ、振動板5の振動変位量を大きく変化させてインク滴吐出量をより大きく変化させることができる。従って、例えば、分割された電極21aの片側のみに駆動電圧を印加した場合には、その電極21a側から生じる非平行な電界強度の大きさに依存して振動板5がある一定量の変位で撓み、その変位量に応じて小さなインク滴を吐出することができる。また、分割された電極21a、21bの両方に同時に駆動電圧を印加した場合には、その両方の電極21a、21bから生じるより大きな電界強度に依存して振動板5がより大きな変位で撓み、その変位量に応じてより大きなインク滴を吐出することができる。よって、分割された電極21a、21bに選択的に駆動電圧を印加

15

することにより、小さなインク滴とより大きなインク滴とを吐出仕分けすることができる。

【0061】さらにまた、分割された電極21a、21bの各々に、例えば電圧の大きさが大小異なるそれぞれ独立した駆動電圧信号を各電極21a、21bへ選択的に印加した場合、例えば一方の電極21a側へ電圧の低い駆動電圧信号を印加するとその電圧に応じて最も小さなインク滴を吐出することができ、また、もう一方の電極21b側へ電圧の高い駆動電圧信号を印加するとその電圧に応じて2つ目に小さなインク滴を吐出することができ、さらに両方の電極21a、21bへ同時に電圧の大きさが大小異なる独立した駆動電圧信号をそれぞれ同時に印加すると、その電圧に応じて最も大きなインク滴を吐出することが可能となり、本例の場合には、大きさの異なる3種類のインク滴を吐出仕分けすることができる。

【0062】図7に示した構成のインクジェットヘッドを使用し、図1に示したように、第1基板1の上側にステンレス製の第3基板3をエポキシ系接着剤にて接合し、発振回路102等を接続して電極21にパルス電圧を印加して印字試験を行った。その結果、本構成のインクジェットヘッドでは、図4(A)に示したヘッドと同様に20V程度の低いパルス電圧でインク吐出することができ、さらに分割された電極21a、21bに選択的に駆動電圧を印加することにより、大小2種類のインク滴を吐出仕分けができるようになり、図4(A)に示したヘッドよりも階調性に富んだ印字画像を安定して得ることが可能となった。さらに、分割された電極21a、21bの各々に電圧20Vと30Vのそれぞれ独立した駆動電圧信号を選択的に印加した結果、大中小の3種類のインク滴を吐出仕分けができるようになり、更に幅広く階調性に富んだ美しい印字画像を安定して得ることができた。

【0063】次に、本発明におけるインクジェットヘッドの製造工程について、図8を参照して、より詳細に説明する。先ず、第1の基板1の製造工程について説明する。(100)面方位の単結晶シリコンウエハの両面を鏡面研磨し、厚さ200 μ mのシリコン基板40(第1の基板1)を作製し(図8(A))、該シリコン基板40に酸素及び水蒸気雰囲気中で1100 $^{\circ}$ C、4時間の熱酸化処理を施し、シリコン基板40の両面に厚さ1 μ mのSiO₂膜41aおよび41bを形成する(図8(B))。SiO₂膜41aおよび41bは耐エッチング材として使用するものである。ついで、上面のSiO₂膜41aの上に、ノズル4、吐出室6、オリフィス7、及びインクキャビティ8の形状に相当するフォトレジストパターン(図示せず)を形成し、フッ酸系エッチング液にてSiO₂膜41aの露出部分をエッチング除去し、該フォトレジストパターンを除去する(図8(C))。次に、アルカリ液によるシリコン基板40の

16

異方性エッチングを行う。単結晶シリコンにおいては、周知のごとく、水酸化カリウム水溶液やヒドラジン等のアルカリでエッチングする場合、結晶面によるエッチング速度の差が大きいため、異方性エッチングが可能となる。具体的には、(111)結晶面のエッチング速度が最も小さいため、エッチングの進行と共に(111)面が平滑面として残留する構造が得られる。本実施例では、イソプロピルアルコールを含む水酸化カリウム水溶液を用いてエッチングを行った。(100)面方位のシリコン基板40において、(111)面は基板表面である(100)面に対して結晶構造上約55 $^{\circ}$ Cの角度をもって交わっているため、上記のように(100)面方位のシリコン基板中に形成すべき各部の寸法が決定されると、第1の基板の厚さに対し耐エッチング材のマスクパターン寸法は一義的に決定される。

【0064】図9に示すように、吐出室6の上端の幅dを752 μ mとし、180 μ mのエッチングを施すと、幅hが500 μ m、厚さtが20 μ mである振動板5が得られる。実際のエッチングでは、(111)面はわずかずつエッチング(アンダーカット)され、図9における寸法dはマスクパターン幅d₁より若干大きくなる。したがって、マスクパターン幅d₁は、(111)面12aのアンダーカット寸法の分だけ小さくしなければならないので、本実施例では740 μ mとし、上記のアルカリエッチング液にて所定量(180 μ m)のエッチングを行った。最後に、基板40の全面に残留しているSiO₂膜41a、41bを全部除去(図8(D))することにより、図1に示したような第1基板1を形成し得ることができる。

【0065】次に、第2の基板2の製造工程について図10を参照して説明する。両面研磨された厚さ1mmのバイレックスガラス(コーニング社製#7740)基板2の上面に厚さ3000 \AA のNi膜を形成し、そのNi膜を耐エッチング用のメタルマスク材60とし、そのメタルマスク60を介してギャップとなる凹(段)部の形状に相当するフォトレジストパターン70を形成し(図10(A))、リン酸系のエッチング液にてメタルマスク60の露出部分をエッチング除去し(図10

(B))、さらに、フッ酸系のエッチング液で等方性エッチングを行い、ギャップとなる凹(段)部の形成を行う(図10(C))。メタルマスクを使用する理由は、エッチング後のサイドエッチのだれを防止するためである。次に、レジスト剥離液にて前記フォトレジストパターン70を除去し、次いで、リン酸系エッチング液でNiのメタルマスク60を全面除去する(図10(D))。ことにより、凹(段)部が形成された第2基板2が得られる。次に、その第2基板2の凹(段)部上に電極21パターンを形成するため、第2基板2上に各振動板の電極21となる形状に相当するフォトレジストパターン71を再び形成(図10(E))し、さらに、その上に電

17

極21となるAuを全面にスパッタリング成膜法で成膜(図10(F))し、最後にその基板をアセトンで超音波洗浄し、前記フォトリソパターン70の除去と同時にAu電極21のリフトオフを行う(図10(G))により、必要な形状の電極パターンが得られる。

【0066】さらに、本発明では振動板5と電極21との間に非平行な電界が形成されるように、振動板5と電極21との間に誘電絶縁層25を介在させ、その厚みを変化させて配置する必要がある。そこで、本発明の場合には必要な形状の電極パターンが形成された基板2上の全面にさらに誘電絶縁層25として、 Si_3N_4 膜をECRプラズマCVD法で成膜形成した。

【0067】その際の成膜条件は以下の通りである。

印加磁界：875G

マイクロ波パワー：500～2kW

成膜圧力：0.005～0.1Pa

成膜温度：室温～400℃

【0068】なお、 Si_3N_4 膜を成膜する際、原料ガスとしては窒素、珪素それぞれを含む少なくとも2種類のガスが必要である。これらの原料における相状態は常温常圧において必ずしも気体である必要はなく気化するものであれば液体でも固体でも使用可能である。珪素源としては SiH_4 、 Si_2H_6 、 Si_3H_8 、 SiCl_4 、等が、窒素源としては N_2 、 NH_3 、 N_2O 、ピリジン等が使用される。これら原料ガスからの Si_3N_4 膜の形成方法としては成膜活性種が直流、低周波、高周波、あるいはマイクロ波等を用いたプラズマ法により生成されるプラズマ状態を経て形成される方法が好ましいが、大面積化、均一向上、成膜温度の低温化等の目的で磁場効果をも併用した方法(ECRプラズマCVD法等)が好適である。その他にも真空蒸着法、イオンプレーティング法、ECRスパッタリング法等に代表されるスパッタリング法、CVD法、ゾルゲル法、熱酸化法、更には、それら成膜法を組み合わせた方法で形成しても良い。

【0069】また、本発明では、誘電絶縁層25を形成する材質として、振動板5と電極21との接触等による短絡を防ぐために電気的な絶縁性を有し、且つ、陽極接合時において400℃程度の熱に耐える必要性があることから、絶縁性と耐熱性に優れた酸化膜(例えば、 Al_2O_3 、 BeO 、 SiO 、 SiO_2 、 TiO_2 、 Ta_2O_5 、 HfO_2 、 PbO 、 MgO 、 Nb_2O_5 、 Y_2O_3 、 ZrO_3 、 BaTiO_3 、 LiNbO_3 、 PbTiO_3 、 PZT 、 PLZT 、 PLT 、 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$)、及び窒化膜(例えば、 AlN 、 BN 、 Si_3N_4)の使用が好適である。中でも化学量論比に近い Al_2O_3 膜や Si_3N_4 膜は、比較的熱による抵抗値変化が少なく、耐絶縁性にも優れ、安定した膜であるため、その使用は最適である。また、より誘電率の大きい膜として、 TiO_2 、 BaTiO_3 、 PbTiO_3 、 PZT 、 PLZT 、 PLT 、 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 等の酸化チタン系のセラミック膜の使用は、

18

よりヘッドの駆動電圧を低下させることができるため好適である。

【0070】以上のようにして、電極パターン21が形成された基板2上の全面に誘電絶縁層25を成膜形成した後、さらに振動板5の短辺方向へ誘電絶縁層25の厚みを変化させるための耐エッチング用マスク材61として、厚さ3000ÅのAl膜を誘電絶縁層25上に全面成膜形成し、さらに振動板5に対向する電極21部に相当する部分のみにそのAlマスク61の厚さを変化させるようにAlマスク61上にポジティブなフォトリソスト72(例えばAZ1350B、OFPR-800等)を片面全面に塗布し、85～90℃程度の温度でプリベークして固化させる(図10(H))。

【0071】次に、振動板5に対向する電極21部に相当する部分のみのAlマスク61の厚みが増加するように、その電極21部に相当する部分の幅に応じて開口幅が連続的に変化した露光用マスク81と紫外線80を利用して露光の際の光強度が連続的に変化するようフォトリソスト72へ向けてマスク露光を行い(図10(I))、その光強度に応じて露光されたフォトリソストの現像を行うことにより、図10(J)に示するようなフォトリソパターン73を形成することができる。そして、その形成したフォトリソパターン73を130～140℃程度の温度でポストベークを行い十分固化させた後、そのフォトリソパターン73をマスク材として反応性イオンエッチング(RIE)を利用し、AlのエッチャントでAlマスク61のエッチングを行うことにより図10(K)のような形状のAlマスク61を形成することができる。そして、次にそのパターン形成されたAlマスク61を利用し、誘電絶縁層25(Si_3N_4 膜)のエッチャントで数分間RIEエッチングを行い、さらに残留したAlマスク61を再度、AlのエッチャントでRIEエッチングにより全面除去することにより、図10(L)のような形状をした誘電絶縁層25を得ることができる。

【0072】ここで、反応性イオンエッチング(RIE)とは、ドライエッチングプロセスの一種であり、ドライエッチングプロセスとは、気相中の活性種の物理的、化学的作用によって基板材料をエッチングする技術である。一般に、ドライエッチングプロセスは、ウェットエッチングプロセスに比較して、微細加工性、制御性に優れているほか、製造工程の簡略化、自動化が容易であり、廃液処理が不用であるため公害への影響が少ないといったような特長を有するプロセスであるため、本構成のような複雑な基板形状のものを形成して、量産するのに有効な製造方法である。

【0073】また、ドライエッチングプロセスは、活性種の供給方法によって、プラズマエッチング、光エッチング、イオンビームエッチング、分子ビームエッチングなどに大別されるが、中でもエッチング性能を総合的に

満足する方法として、プラズマエッチングは好適である。プラズマエッチングは、イオンの運動エネルギーあるいはラジカルや励起分子の反応活性を利用したエッチングであり、少なくとも化学反応を利用しているため、下地基板との選択性もあり、放射線損傷も少ないエッチングである。その中でも、特に、反応性イオンエッチング(RIE)は、物理的エッチングと化学的エッチングのそれぞれの特徴であるエッチングの異方性と選択性を合わせ持つエッチング技術であり、エッチングの方向性、下地やレジストとの選択性、エッチング速度、エッチング形状、エッチングの均一性、下地の損傷性、汚染性など総合的にみて優れているという点で好適である。

【0074】以上のようにして、図10(L)のような形状をした誘電絶縁層25を得た後、また、フォトリジストとA1膜を利用して、図10(M)に示すように、振動板5に対向する電極21部に相当する部分のみにA1マスクパターン61を形成し、最後にまた、誘電絶縁層25のエッチャントとA1のエッチャントでRIEエッチングを施し、誘電絶縁層25の不要な部分を除去することにより(図10(N))、図1や図2(A)に示したような振動板5の短辺方向へ厚みが変化した誘電絶縁層25が配置された第2基板2(電極基板)を形成し得ることができる。

【0075】ここで、本実施例ではそのギャップとなる凹(段)部の深さを $0.5\mu\text{m}$ 、その短辺幅を $500\mu\text{m}$ 、長さを 15mm とし、また、その1つの金電極の形状パターンの厚みを $0.2\mu\text{m}$ 、短辺幅を $400\mu\text{m}$ 、長さを 14mm として、第2基板の凹(段)部内に金電極パターンを形成した。また、誘電絶縁層である Si_3N_4 膜の最も厚い部分の厚みを $0.25\mu\text{m}$ 、最も薄い部分の厚みを $0.05\mu\text{m}$ とし、その短辺幅を $450\mu\text{m}$ 、長さを 10mm として作製した。

【0076】上記のようにして作製した第1基板1、第2基板2とのアライメントを行い、陽極接合法により、基板1と2の接合を行った。その際の接合条件は、空气中大気圧において、接合電圧 500V 、接合温度 400°C 、接合時間10分間にて行い、接合電極としてP1を利用し、接合を行った。その結果、図2(A)に示したように振動板5と電極21との間で振動板5の短辺方向に沿って $0.05\mu\text{m}$ 程度の非常に微小な空隙を有する部分と $0.25\mu\text{m}$ 程度の広い空隙を有する部分が形成され、振動板5と電極21との間に電圧を印加することにより、振動板5と電極21との間で非平行な電界を形成することができた。

【0077】また、図1に示したように、第1基板1の上側にステンレス製の第3基板3をエポキシ系接着剤にて接合し、発振回路102等を接続して電極21にパルス電圧を印加して印字試験を行った。その結果、従来、インクジェットヘッドを駆動して良好な印字品質を得るのに 100V 以上のパルス電圧を必要としていたのに対し、

し、本発明のインクジェットヘッドでは、 30V 程度のパルス電圧駆動で従来と同等以上の印字品質が得られ、また、電極と振動板との短絡等によるヘッド破壊が非常に減少したため、ヘッドの歩留まりと信頼性が従来に対し 20% 以上も向上し、印字品質にバラツキの少ない様に安定した画像を得ることが可能となった。

【0078】さらに、また、前記誘電絶縁層25の材質を Si_3N_4 膜からより誘電率の高い BaTiO_3 膜に変更して前記と同様の作製方法にて図1に示したような第2基板2を作製した。そして、前記と同様にして、第1基板1とアライメントを行い、陽極接合法で前記と同様の条件にて基板接合を行った。その結果、振動板5と電極21との間で非平行な電界が形成され、また、同じ駆動電圧で振動板5に生じる静電吸引力Pが約 1000 倍大きくなった。また、前記と同様に、発振回路102等を接続し、電極21にパルス電圧を印加して、印字試験を行った結果、図2(A)に示したインクジェットヘッドを駆動して良好な印字品質を得るのに駆動電圧として 30V 程度のパルス電圧を必要としていたのに対し、本構成のインクジェットヘッドでは、 10V 程度のパルス電圧駆動で図2(A)のヘッドと同等以上の印字品質が得られ、より低電圧で安定した印字品質が得られるようになった。

【0079】

【発明の効果】(1)請求項1～3に対応する作用効果
請求項1～3記載の発明によれば、従来の静電気力型インクジェットヘッドに比較してより低電圧で駆動することができ、かつ安定したインク吐出が可能となるため、より安価で印字品質の安定したインクジェットヘッドを提供することができる。

【0080】(2)請求項4～5に対応する作用効果
請求項4～5記載の発明によれば、従来のインクジェットヘッドに比較して、更に、より低電圧で駆動することができ、かつより安定したインク吐出が可能となるため、更に、より安価で印字品質の安定したインクジェットヘッドを提供することができる。

【0081】(3)請求項6に対応する作用効果
請求項6記載の発明によれば、より確実に低電圧で駆動することができ、かつ安定したインク吐出が可能となり、また、安定してヘッドを作製することができるので、ヘッドの歩留まりが向上し、印字品質の安定したより安価なインクジェットヘッドを提供することができる。

【0082】(4)請求項7に対応する作用効果
請求項7記載の発明によれば、静電気力型インクジェットヘッドのノズルを高密度に配列して、ヘッドを小型化することが可能となり、また、より安定したインク吐出が確保できるため、より印字品質の優れた高画質画像が得られるインクジェットヘッドを提供することができる。

る。

21

【0083】(5)請求項8～10に対応する作用効果
請求項8～10記載の発明によれば、インクジェットヘッドのインク滴吐出量を大きく変化させて、印字品質を制御することが可能となるため、より階調性に富んだ印字品質の優れた画像が得られるインクジェットヘッドを提供することができる。

【0084】(6)請求項11、13に対応する作用効果

請求項11、13記載の発明によれば、より確実に安定して低電圧で駆動することができ、かつ安定したインク吐出が可能となるため、より信頼性の向上したインクジェットヘッドが提供される。

【0085】(7)請求項12に対応する作用効果
請求項12記載の発明によれば、振動板と電極との間に安定して高誘電物質を介在させることができるため、更に、より低電圧で安定したインク吐出が可能なインクジェットヘッドを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の概念を示す全体構成と動作を説明するための一部を断面で示す斜視図である。

【図2】 図1のII-II線で切断した時の断面図で、図2(A)、図2(B)はそれぞれ異なる実施例を示す図である。

【図3】 誘電絶縁層の厚みが変化するように設けた例を示す振動板長辺方向のヘッド断面図である。

【図4】 振動板の短辺方向に沿って誘電絶縁層の厚みが変化するように配置した例を示す図である。

【図5】 振動板の長辺方向に沿って誘電絶縁層の厚みが変化するように配置され、かつ、誘電絶縁層の一部が振動板の表面側に接触した状態で設けられている例を示す振動板長辺方向のヘッド断面図である。

【図6】 振動板の短辺方向に沿って誘電絶縁層の厚み

22

を振動板と電極との間の空隙距離よりも厚くした部分とそうでない部分とに厚みを変化させて配置した例を示す振動板短辺方向のヘッド断面図である。

【図7】 振動板に対向する電極表面上に誘電絶縁層の一部が振動板の表面側に接触した状態で振動板の短辺方向に沿って誘電絶縁層の厚みが変化するように配置され、また、電極が複数に分割されて配置される例を示す振動板短辺方向のヘッド断面図である。

【図8】 本発明におけるインクジェットヘッドのインク吐出室基板(第1の基板)の製造工程図である。

【図9】 図8に示したインク吐出室の作成例を説明するための図である。

【図10】 電極基板(第2の基板)の製造工程を示す図である。

【図11】 従来の静電気力型記録インクジェットヘッド全体の分解斜視図である。

【図12】 従来のヘッドの一部を取り出しギャップ部を拡大して示す斜視図である。

【図13】 図12のXIII-XIII線で切断した時の断面図である。

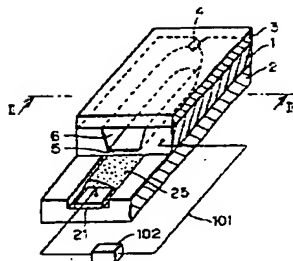
【図14】 従来の静電気力型インクジェットヘッドの他の例を説明するための要部断面図である。

【図15】 従来の静電気力型インクジェットヘッドの更に他の例を説明するための要部断面図である。

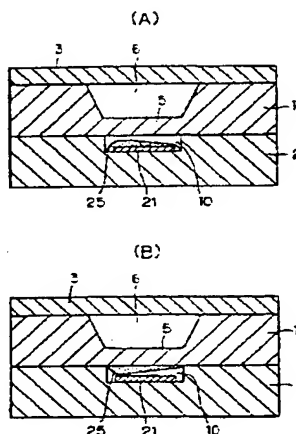
【符号の説明】

1…中間の第1の基板(インク吐出室基板)、2…下側の第2の基板(電極基板)、3…上側の第3の基板(ノズル基板)、4…ノズル溝、5…振動板、6…インク吐出室、7…インク流入溝、8…共通インク室、9…振動室、10、G…ギャップ、21、21a、21b…電極、25…誘電絶縁層。

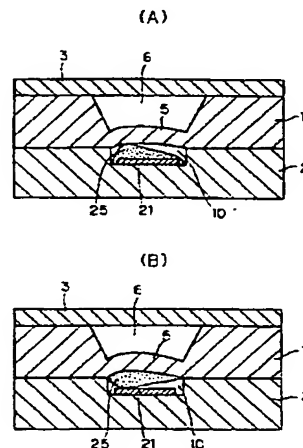
【図1】



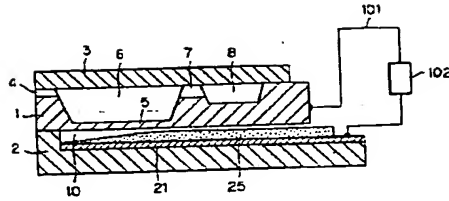
【図2】



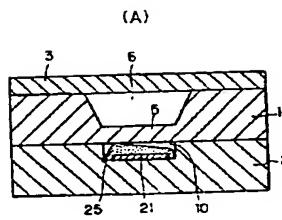
【図6】



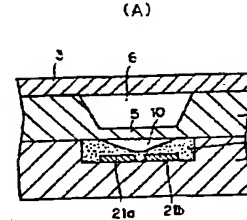
【図 3】



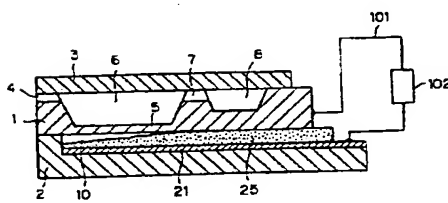
【図 4】



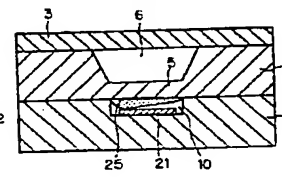
【図 7】



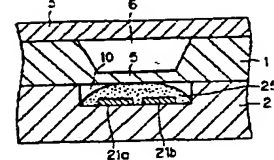
【図 5】



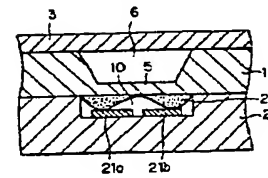
(B)



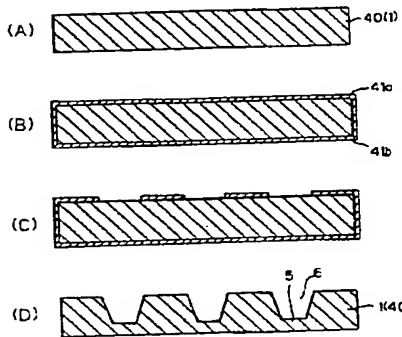
(B)



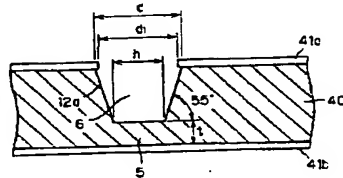
(C)



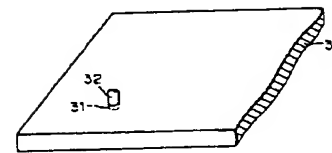
【図 8】



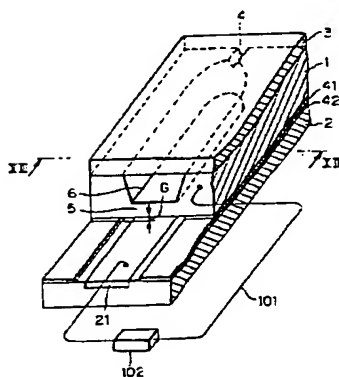
【図 9】



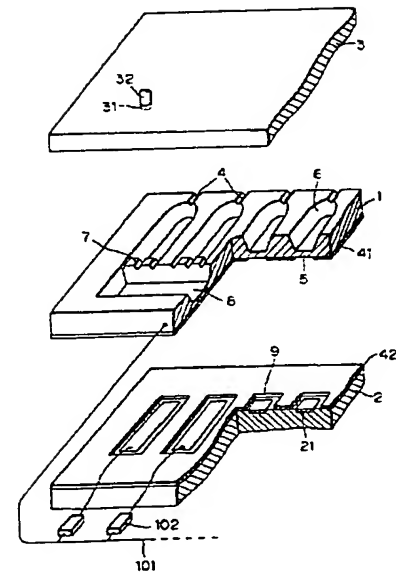
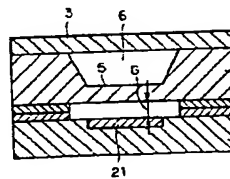
【図 11】



【図 12】

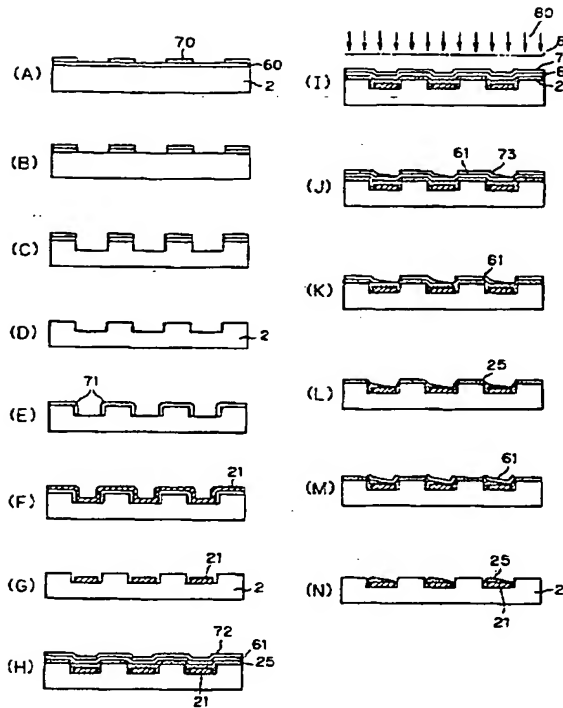


【図 13】

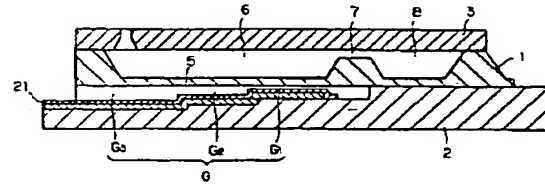


25

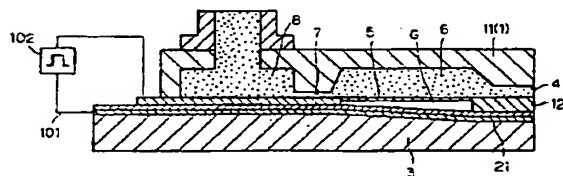
【図10】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2C057 AF37 AF39 AF55 AF93 AG12
 AG32 AG39 AG43 AG54 AG55
 AG99 AM03 AM15 AM18 AP02
 AP14 AP25 AP28 AP32 AP33
 AP34 AP43 AP52 AP53 AP54
 AP56 AQ02 BA03 BA15 CA01